

20a-E14-10

NiSi/Si ショットキー障壁を変調する硫黄不純物の電子状態解析

Analysis of electronic states of sulfur atoms modulating NiSi/Si Schottky barrier height

東芝研開セ LSI 基盤技術ラボ °丸亀 孝生, 吉木 昌彦, 西 義史, 加藤 弘一, 三谷 祐一郎

Toshiba R&D center, °T. Marukame, M. Yoshiki, Y. Nishi, K. Kato, Y. Mitani

E-mail: takao.marukame@toshiba.co.jp

【背景と目的】微細な半導体 LSI 素子の金属／半導体接合の抵抗成分は寄生抵抗として無視できないことが知られている。我々はナノレベル極狭界面での不純物制御に着目し、実験と計算によって低抵抗化技術を提案し実証してきた[1]。特に、n 型半導体に対しては硫黄 (S) ドープにより NiSi/Si 接合のショットキー障壁を実効的にゼロ近くまで低減でき、極小接合抵抗の実現に有用であることを示した[2]。第一原理計算によると、その接合の中では S 原子の非結合ペアが安定構造として Si 中に存在し、S 非結合ペアの局所状態密度解析からは、S 原子から Si 価電子側に多くの電子電荷移動があることで S 原子のフェルミ準位が下がり、軌道ピンングにより障壁高さが変調されることが示唆されている[2, 3]。今回、Si 中での S 非結合ペアが NiSi/Si 接合でのショットキー障壁変調に与える影響を実験的に明らかにすることを目的とし S 電子状態を解析した。

【実験と考察】

今回まずはバルク Si 中の S 原子の結合状態を硬 X 線光電子分光法 (HAXPES) により調べた。試料は、p 型 Si(001)基板に S をイオン注入にて導入しアニールにより活性化させたもので、表面側からの汚染を避けるため、イオン注入前に保護膜として熱酸化 SiO₂ 膜を形成しておいた。分析は Spring-8 ビームラインでの XPS (硬 X 線電子分光 HAXPES) を用いた。測定の際はこの SiO₂ 膜を剥離し、さらに Si 表面側に析出した S の影響を取り除くためエッチングを行った。HAXPES 測定は大型放射光施設 SPring-8 のビームライン BL47XU で行い、励起エネルギーとして 8 keV を用いた。図 1 は 750°Cアニールした試料の S1s スペクトルで、波形分離解析の結果、S の結合状態は少なくとも 2 種類であることがわかった。このうち高束縛エネルギー側ピークに相当する結合状態は、Si 格子位置に置き換わった 3 配位の S、すなわち S ペアアの可能性がある。第一原理計算によるエネルギーおよび電子結合軌道の解析によると、S が Si と結合している場合のエネルギーが S シングル置換位置 < S シングル格子間位置 < S ペアア置換位置の順で安定化していくため、定性的には図 1 との関係性が議論できる。S ペアアは P_z 軌道を生じ、それが障壁変調の起源となり得る。講演ではさらに NiSi/Si 中での S 電子状態にも焦点を当てる予定である。

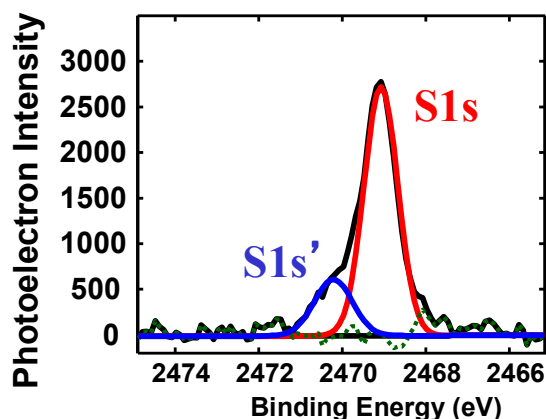


図 1 HAXPES の S1s スペクトル

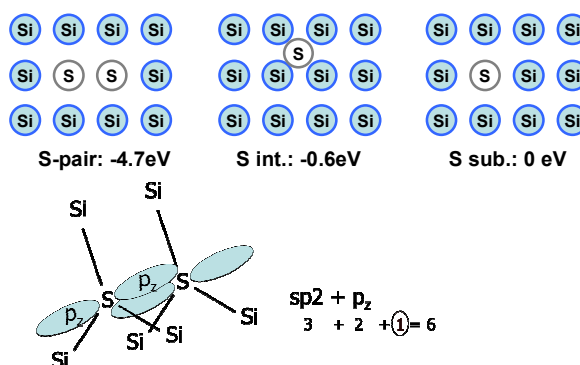


図 2 Si 中の S 結合の模式図とエネルギー [3]

[1]Y.Nishi *et al.*, PRB84, 115323(2011) [2]加藤他, 秋応物 2013 20pB4-1. [3]T.Kanemura *et al.*, SISPAD 2013.